

**Zeitschrift:** Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri

**Herausgeber:** Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe

**Band:** 45 (1967)

**Heft:** 3

**Artikel:** Fahrzeugmotoren und Luftverunreinigung = Moteurs des véhicules et pollution de l'air

**Autor:** Sigrist, Albert

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-874855>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 16.03.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Fahrzeugmotoren und Luftverunreinigung

## Moteurs des véhicules et pollution de l'air

Albert SIGRIST, Bern

621.43.068  
656.816. (494)

Zusammenfassung. Die ständige Zunahme des Motorfahrzeugverkehrs, aber auch der privaten und industriellen Kohlen- und Ölverbrennungsanlagen führt zu einer gesundheitsschädlichen Luftverunreinigung. Kalifornien sah sich bereits zu gesetzlichen Vorschriften veranlasst, und auch in der Schweiz sind ähnliche Massnahmen zu erwarten. Die PTT mit ihrem grossen und vorwiegend im Stadtverkehr eingesetzten Fahrzeugbestand führten Versuche zur Bekämpfung der Luftverunreinigung durch. Der Einbau komplizierter und kostspieliger Entgiftungsanlagen drängt sich wenigstens im Augenblick nicht auf. Massnahmen, wie korrekte Vergaser- und Einpritzpumpeneinstellung, Rückführung der Kurbelgehäusegase in das Ansaugsystem und angepasste Fahrweise, werden vermehrte Beachtung geschenkt.

Résumé. L'augmentation constante de la circulation des véhicules à moteur, mais aussi des installations de chauffage à charbon et à mazout domestiques et industrielles provoque une pollution de l'air nuisible à la santé. La Californie s'est déjà vue contrainte d'émettre des prescriptions légales et il faut aussi s'attendre à des mesures analogues en Suisse. Les PTT, dont un grand nombre de véhicules circulent surtout dans les villes, ont fait des essais en vue de lutter contre la pollution de l'air. Le montage de dispositifs de décontamination compliqués et coûteux ne s'impose pas, tout au moins pour le moment. Une attention accrue sera vouée à des mesures telles que réglage correct des carburateurs et des pompes d'injection, retour des gaz du carter dans le système d'aspiration et façon de conduire adaptée.

### Veicoli a motore e inquinamento dell'aria.

Riassunto. L'aumento continuo dei veicoli a motore nonché di tutti gli impianti di combustione a carbone e ad olio, privati o industriali, provoca un sempre maggiore inquinamento dell'aria fino a renderla insalubre. Lo stato della California ha già dovuto intervenire con appropriate leggi; anche nel nostro paese una simile misura si prospetta ogni giorno di più. Responsabili di un gran numero di veicoli inseriti per la maggior parte nel traffico cittadino, le PTT hanno pure proceduto a ricerche per combattere questo grave inconveniente. E forse ancora prematuro parlare del montaggio di costosi e complicati impianti di disintossicazione ma l'attenzione è attratta su provvedimenti utili allo scopo prefisso quali il regolaggio corretto del carburatore e della pompa d'iniezione. La condotta dei gas del carter nel sistema di aspirazione e un modo di guidare idoneo e corretto.

## 1. Einleitung

In allen Staaten, in denen die Fahrzeugdichte ständig zunimmt, wird von den Behörden dem Problem der zunehmenden gesundheitsschädlichen Luftverunreinigung grösste Beachtung geschenkt. Vor allem in den USA und dort besonders in Kalifornien, erweist sich die Lösung dieses Problems als dringlich. Die topographische Lage, die klimatischen Verhältnisse und die ausserordentliche Fahrzeugmassierung mit vorwiegend hochpferdigen Motoren widerspiegeln sich im bekannten und chemisch schleierartigen «Smog» von Los Angeles. Die durch die starke Industrialisierung bedingte Luftverunreinigung trägt ebenfalls dazu bei, die Lösung des Problems zu erschweren.

In der Schweiz ist die vom Strassenverkehr herrührende Luftverpestung noch nicht so akut wie in gewissen Städten des Auslandes. Doch mehren sich kritische Stimmen, die nach Abhilfe rufen und ein Einschreiten der Gesundheitsbehörden verlangen. Wir verweisen auf den Appell des Bundespräsidenten am Genfer Automobilsalon 1965 und auf die Tagung der schweizerischen Vereine für Volksgesundheit, die auch für unser Land gesetzliche Vorschriften für den Einbau von Apparaten zur Entgiftung der Abgase von Motorfahrzeugen verlangen. Dringend wird bei uns das Problem der Luftverunreinigung mit dem Vorliegen grösserer Alpen- und Strassentunnels, weil dort Witterungseinflüsse (Föhn) und Fahrzeugansammlungen die künstliche Tunnelbelüftung auf eine harte Probe stellen.

Bis heute wurden erst im Staate Kalifornien gesetzliche Vorschriften erlassen, um den schädlichen Auswirkungen der Luftverunreinigung einigermaßen Einhalt gebieten zu können. Nach dem neuesten kalifornischen Gesetz sind die

## 1. Introduction

Dans tous les Etats où la densité des véhicules ne cesse d'augmenter, les autorités vouent la plus grande attention au problème de la pollution de l'air de plus en plus grande. La solution de ce problème se révèle être urgente, surtout aux Etats-Unis d'Amérique et plus spécialement en Californie. La situation topographique, les conditions climatiques et l'extraordinaire concentration de véhicules aux moteurs très puissants sont à la source du fameux «smog» de Los Angeles. La pollution de l'air due à l'intense industrialisation contribue également à rendre difficile la solution du problème.

En Suisse, l'impureté de l'air provoquée par la circulation routière n'est pas encore aussi dangereuse que dans certaines villes de l'étranger. Cependant, les cris d'alarme se multiplient et on réclame l'intervention des autorités de la santé publique. Nous renvoyons à l'appel que le président de la Confédération a lancé au Salon de l'automobile de Genève en 1965 et à la réunion des sociétés suisses pour la santé publique qui réclament pour notre pays aussi des prescriptions légales pour le montage d'appareils de décontamination des gaz d'échappement de véhicules à moteur. Chez nous, le problème de la pollution de l'air du fait de la présence d'imposants tunnels alpestres et routiers est urgent, vu que les influences du temps (föhn) et les concentrations de véhicules mettent à rude épreuve l'aération artificielle des tunnels.

Jusqu'ici, seul l'Etat de Californie a édicté des prescriptions légales pour pouvoir freiner quelque peu les effets nuisibles de la pollution de l'air. D'après la loi californienne la plus récente, les gaz d'échappement doivent être décon-

Auspuffgase zu entgiften, und vor allem muss auch das Ausstossen von unverbrannten Kohlenwasserstoffen aus der Kurbelgehäuseentlüftung (blow-by) unterbunden werden. Um die in gewissen Mengen im Kurbelgehäuse vorhandenen Kohlenwasserstoffteilchen an einem Austreten ins Freie zu verhindern, können diese durch eine besondere Entlüftungseinrichtung wieder der Ansaugluft oder dem Benzin-Luft-Gemisch zugeführt werden.

Die Rückführung der Kurbelgehäusegase in den Motor ist in Kalifornien bei sämtlichen Motorfahrzeugen, auch bei den Importwagen aus Europa, seit dem 1. Februar 1965 gesetzlich vorgeschrieben. Von grösster Wichtigkeit ist jedoch die Verhinderung des Ausstosses von Kohlenmonoxyd (kurz Kohlenoxyd oder CO genannt) und von unverbrannten Kohlenwasserstoffen im Auspuff der Benzinmotoren. Bis jetzt haben die kalifornischen Behörden fünf «Anti-smog»-Apparate zugelassen und als erster Staat Auspuffreinigungsgäräte für alle von 1966 an neu in Verkehr kommenden Fahrzeuge mit Benzinmotoren von 2,3 und mehr l Hubraum, ein Jahr später auch für Altwagen, vorgeschrieben. Fahrzeuge mit Motoren unter 2,3 l bleiben einstweilen nur deshalb von den kalifornischen Bestimmungen ausgeschlossen, weil erst ein Aggregat für diese Wagenklasse zugelassen ist. Die Konkurrenz von wenigstens zwei Ge-

taminés et l'éjection d'hydrocarbures imbrûlés par le reniflard d'aération du carter doit surtout être évitée. Pour que les particules d'hydrocarbures existant en certaines quantités dans le carter soient empêchées de sortir à l'air libre, elles sont ramenées par un dispositif d'aération particulier à l'air d'aspiration ou au mélange essence-air.

En Californie, le retour des gaz du carter (gaz de blow-by) dans le moteur est ordonné par une loi depuis le 1<sup>er</sup> février 1965 pour tous les véhicules à moteur, y compris ceux qui sont importés d'Europe. Mais le fait d'empêcher l'expulsion du monoxyde de carbone (en abrégé oxyde de carbone ou CO) et d'hydrocarbures non brûlés dans l'échappement des moteurs à essence est de la plus haute importance. Jusqu'à présent, les autorités californiennes ont admis cinq appareils «anti-smog» et c'est le premier Etat qui a prescrit des appareils de nettoyage de l'échappement pour tous les véhicules à moteur à essence de 2,3 l et plus de cylindrée mis en circulation à partir de 1966 et une année plus tard pour les anciennes voitures. Les véhicules de moins de 2,3 l ne sont pour le moment exclus des dispositions californiennes que parce qu'un seul dispositif est admis pour cette classe. Il est nécessaire d'avoir la concurrence entre deux appareils au moins pour pouvoir mettre en vigueur les dispositions relatives à une classe.

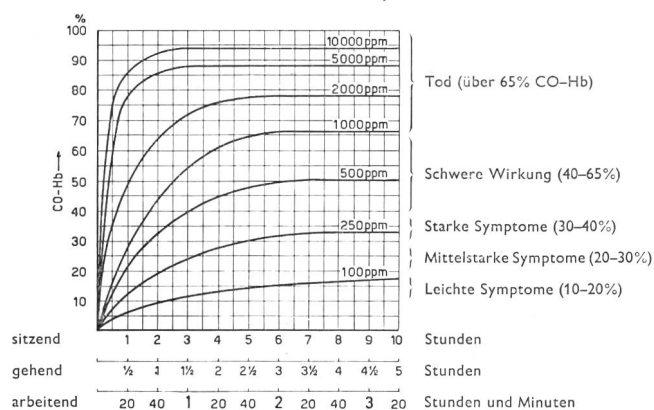


Fig. 1 Anreicherung von Kohlenoxyd-Hämoglobin in Abhängigkeit von Konzentration und Zeit  
Augmentation de la teneur en hémoglobine oxycarbonée en fonction de la concentration et de la durée (nach/selon J. May, Archiv für Gewerbepathologie 10/1940)

sitzend – position assise  
gehend – marche  
arbeitend – travail  
Stunden – heures  
Minuten – minutes  
Tod – mort  
Schwere Wirkung – effets graves  
Starke Symptome – symptômes intenses  
Mittelstarke Symptome – symptômes de moyenne intensité  
Leichte Symptome – symptômes légers

## 2. Pourquoi l'hygiène de l'air?

Jusqu'à ces derniers temps, on a attaché peu d'importance à l'effet nuisible à la santé de l'individu des gaz d'échappement, même si l'on savait que l'inhalation de gaz d'échappement ou le fait de laisser tourner des moteurs à essence dans des locaux fermés ou mal aérés constituait un danger de mort immédiat. C'est aussi le motif pour lequel la Caisse nationale suisse d'assurance en cas d'accidents (CNA) a édicté des directives sur la teneur en CO admise au maximum dans l'air (valeur MAK) des ateliers de réparation, des locaux de remise, des garages, etc. (fig. 1 et 2). A ce propos, il faut aussi mentionner l'emploi de machines de travail (chariots élévateurs, machines de nettoyage, équipements de courant de secours) dans des locaux plus ou moins fermés. Dans la circulation routière, les gaz toxiques se mélangeaient rapidement à l'air ambiant et leur concentration tombait à une valeur qui, pour n'être pas entièrement inoffensive, ne mettait toutefois pas la vie en danger. Actuellement, la densité des véhicules toujours plus grande, avant tout aux points de concentration du trafic et dans les centres très peuplés, provoque une pollution de l'air qu'il faut absolument combattre avant que les humains, les animaux et les produits agricoles ne subissent de graves dommages. Toutefois, nous n'avons pas encore observé dans notre pays des phénomènes de «smog» tels qu'à

räten ist aber notwendig, um die Bestimmungen für eine Klasse in Kraft treten zu lassen.

## 2. Warum Lufthygiene?

Der gesundheitsschädlichen Wirkung der Auspuffgase hatte man bis in neuere Zeit wenig Beachtung geschenkt, wenn auch bekannt war, dass das Einatmen von Auspuffgasen oder das Laufenlassen von Benzinmotoren in geschlossenen oder schlecht ventilierten Räumen eine unmittelbare Lebensgefahr darstellt. Dies ist auch der Grund, weshalb die Schweizerische Unfall-Versicherungsanstalt (SUVA) Richtlinien über den höchstzulässigen CO-Gehalt in der Luft (MAK-Wert) in Reparaturwerkstätten, Einstellräumen, Parkgaragen usw. aufgestellt hat (Fig. 1 und 2). In diesem Zusammenhang sei auch die Verwendung von Arbeitsmaschinen (Hubstapler, Reinigungsmaschinen, Notstrom-Aggregate) in mehr oder weniger geschlossenen Räumen erwähnt. Im Strassenverkehr haben sich die Giftgase rasch mit der Umgebungsluft vermischt und ihre Konzentration sank auf ein wenn auch nicht völlig ungefährliches, so doch nicht lebensgefährliches Ausmass. Heute jedoch führt die stetig zunehmende Fahrzeugdichte vor allem an Verkehrsknotenpunkten und in dicht bevölkerten Wohnzentren zu einer Luftverschlechterung, die unbedingt bekämpft werden muss, bevor sich an Menschen, Tieren und Agrarprodukten grössere Schäden einstellen. Wohl sind bei uns noch keine «Smog-Erscheinungen», vom Ausmass wie in Los Angeles und London, beobachtet worden. Als besonders gefährdet erscheinen Personen – beispielsweise Polizist- und Zollbeamte –, die sich längere Zeit bei Fahrzeug-Massierungen aufhalten müssen.

Jeder Benzinmotor stellt eine kleine Giftgasfabrik dar (Fig. 3). Je grösser der Motor und damit sein Gemisch-Durchsatz ist, desto mehr giftiges, unsichtbares Kohlenoxyd kann er erzeugen. CO ist Schwebegas (spez. Gewicht = 0,9673) und streicht dem Boden entlang; wenn eine Temperatur-Inversion (Föhn) oder Windstille vorherrscht, wird es aufgeschichtet und eingeatmet. Die Auspuffgase der Benzinmotoren enthalten ausser den unbedenklichen Produkten der vollkommenen Verbrennung, wie Kohlendioxyd (CO<sub>2</sub>), Wasserdampf (H<sub>2</sub>O), Sauerstoff (O), Wasserstoff (H<sub>2</sub>), Stickstoff (N), noch eine ganze Reihe von unverbrannten oder teilweise oxydierten Stoffen. Als toxische Bestandteile seien genannt: das geruch- und farblose Kohlenoxyd, unverbrannte Kohlenwasserstoffe und Bleiverbindungen. Die Zusammensetzung der Auspuffgase variiert je nach der Belastung des Motors und je nach dem Ablauf der Verbrennung im Innern der Zylinder. Leider ist es nicht möglich, die Benzinmotoren – im Gegensatz zum Dieselmotor – mit viel Sauerstoffüberschuss zu betreiben, was eine starke Verminderung des Anteils an Unverbranntem zur Folge hätte.

Los Angeles et à Londres. Les personnes qui doivent se tenir assez longtemps au milieu de concentrations de véhicules – par exemple les policiers et les douaniers – sont spécialement exposées.

Tout moteur à essence constitue une petite usine de gaz toxiques (fig. 3). Plus le moteur est grand et, par conséquent, plus sa production de mélange est élevée, plus il peut produire de l'oxyde de carbone toxique invisible. L'oxyde de carbone est un gaz flottant (poids spécifique = 0,9673) qui traîne au sol; lorsqu'il y a un changement de température (föhn) ou que le temps calme prédomine, il se dépose par couches et est inhalé. Les gaz d'échappement des moteurs à essence contiennent, à part les produits inoffensifs de la combustion complète, tels que l'acide carbonique (CO<sub>2</sub>), la vapeur d'eau (H<sub>2</sub>O), l'oxygène (O), l'hydrogène (H<sub>2</sub>), l'azote (N), toute une série de matières non brûlées ou partiellement oxydées. Mentionnons comme composants toxiques: l'oxyde de carbone inodore et incolore, les hydrocarbures non brûlés et les combinaisons de plomb. La composition des gaz d'échappement varie selon la charge du moteur et l'achèvement de la combustion à l'intérieur des cylindres. Il n'est malheureusement pas possible d'exploiter les moteurs à essence – contrairement au moteur diesel – avec beaucoup d'oxygène en excédent; si cela pouvait se faire, il y aurait une forte diminution de la part de produits non consommés.

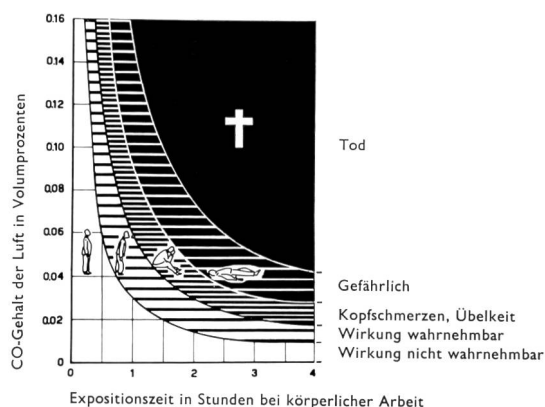


Fig. 2 Wirkung des Kohlenoxyds auf den Menschen im Verhältnis zur Expositionszeit (nach Dokument 212 des Bureau of Standards USA) Effet de l'oxyde de carbone sur l'homme en fonction de la durée d'exposition (d'après le document 212 du Bureau of Standards USA)

CO-Gehalt der Luft in Volum(en)prozenten – CO contenu dans l'air en pour cent du volume  
 Tod – mort  
 Gefährlich – dangereux  
 Kopfschmerzen, Übelkeit – maux de tête, nausées  
 Wirkung wahrnehmbar – effets perceptibles  
 Wirkung nicht wahrnehmbar – effets imperceptibles



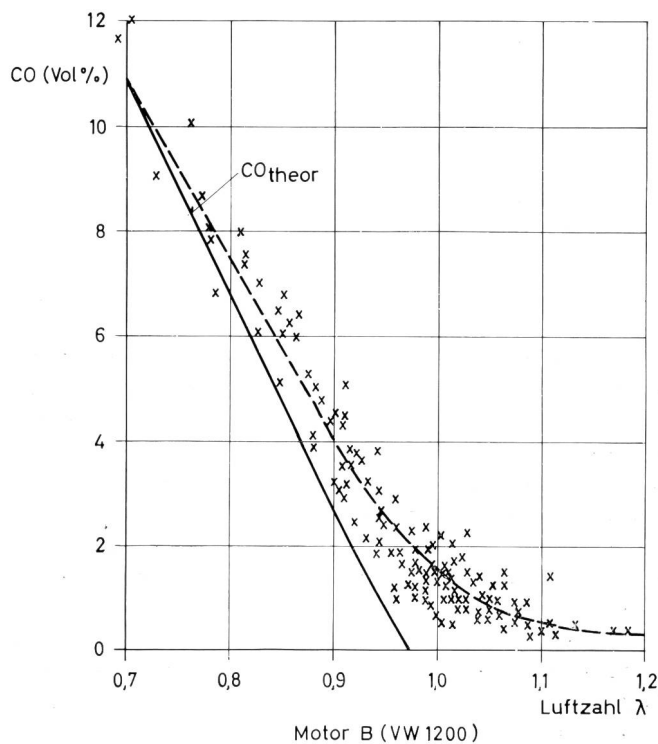
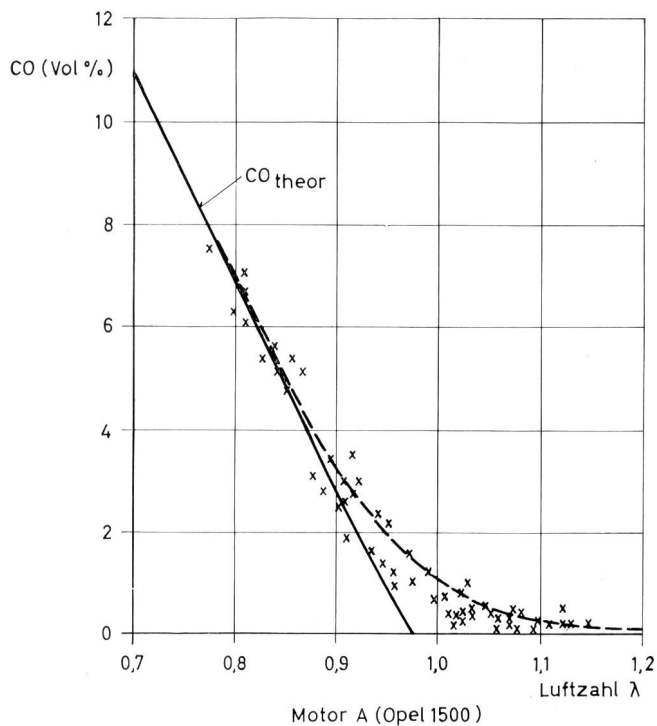


Fig. 3  
 Gemessene Abgaszusammensetzung von zwei Motoren – Luftzahl und CO-Gehalt der Abgase bei Vollast und Teillast  
 Composition des gaz d'échappement de deux moteurs – Chiffre de l'air et teneur en CO des gaz d'échappement en pleine charge et en charge partielle (nach/selon P. Resele. IVK)  
 Luftzahl – Chiffre de l'air Motor – moteur

### 3. Giftgas-Produktion

#### 3.1 Benzinmotoren

Die Verbrennung im Benzinmotor ist immer unvollständig. Es findet eine unvollkommene, unter Sauerstoffmangel leidende Verbrennung statt. Besonders im Leerlauf, bei kaltem Motor und bei eingeschalteter Startvorrichtung kann der CO-Anteil bis gegen 10 Volumenprozent (Vol. %) ansteigen. Es können aber auch andere Gründe die Verbrennung ungünstig beeinflussen. Man denke an schlecht eingestellte Vergaser, die ein zu benzinreiches Gemisch liefern, oder an schlecht zündende Kerzen (die das Benzin-Luft-Gemisch nicht vollständig entzünden), an mangelnde Kompression, verursacht durch abgenutzte Kolben oder fehlerhafte Kolbenringe und undichte Ventile oder durch eine zu späte oder zu frühe Einstellung des Zündzeitpunktes.

Die Möglichkeiten, durch angepasste Fahrweise einen nicht unwesentlichen Einfluss auf die Giftgasproduktion des Benzinmotors auszuüben, werden in Abschnitt 5 aufgeführt.

Die folgenden Zahlen geben den Anteil von Kohlenoxyd und Kohlenwasserstoffen in den Auspuffgasen an, wie sie an einem Versuchsfahrzeug mit 1,5-l-Motor bei verschiedenen Fahrzuständen gemessen wurden.

### 3. Production du gaz toxique

#### 3.1 Moteurs à essence

La combustion dans le moteur à essence est toujours incomplète, ce qui est dû au manque d'oxygène. La part d'oxyde de carbone peut augmenter jusqu'à environ 10 pour cent du volume en particulier pendant la marche au ralenti, lorsque le moteur est froid et lorsque le starter est enclenché. Mais d'autres motifs peuvent aussi influencer défavorablement la combustion. Il suffit de penser aux carburateurs mal réglés qui fournissent un mélange trop riche en essence, aux bougies fonctionnant mal (elles n'enflamment pas complètement le mélange air-essence), au manque de compression provoqué par des pistons usés ou des segments de pistons défectueux et des soupapes non étanches ou par un réglage avec trop de retard ou trop d'avance du moment d'allumage. Les possibilités d'exercer par une méthode de conduire adaptée une influence prépondérante sur la production de gaz toxiques du moteur à essence sont mentionnées au chiffre 5.

Les chiffres suivants indiquent la part d'oxyde de carbone et d'hydrocarbures dans les gaz d'échappement, tels qu'ils ont été mesurés aux différents états de marche d'un véhicule d'essai à moteur de 1,5 l.

	CO Vol. %	CH ppm*		CO % du volume	CH ppm*
Leerlauf	3	420	Marche au ralenti	3	420
Beschleunigung	2-4	bis 900	Accélération	2-4	jusqu'à 900
Gleichmässige Fahrt (50-60 km/h)	0,5	400	Marche normale (50-60 km/h)	0,5	400
Verzögern	bis 5	bis 2800	Décélération	jusqu'à 5	jusqu'à 2800

\* ppm = parts per million (cm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>)

Nach dem kalifornischen Gesetz werden heute als zulässige Auspuffemissionen für CO 1,5% und für Kohlenwasserstoff 275 ppm erlaubt. Es handelt sich dabei um Mittelwerte, die bei einem bestimmten Fahrprogramm auf einem Rollprüfstand erreicht werden müssen. Es ist vorgesehen, auf den 1. Januar 1970 noch strengere Vorschriften zu erlassen und die Höchstwerte auf 1,0 Vol. % für CO und 180 ppm für Kohlenwasserstoff herabzusetzen.

Viel günstiger in bezug auf Giftgas-Emissionen verhalten sich Motoren mit Brennstoffeinspritzung. Dies deshalb, weil diese Motoren mit Luftüberschuss arbeiten. Das Benzin wird erst unmittelbar vor der Zündung eingeführt und auf alle Zylinder gleichmässig verteilt. Daher bleiben bei Einspritzmotoren die Giftgasanteile unter den in Kalifornien für Benzinmotoren zugelassenen Konzentrationen.

### 3.2 Dieselmotoren

Dieselmotoren verhalten sich ähnlich wie Benzin-Einspritzmotoren. Auch sie arbeiten mit Luftüberschuss bei der Verbrennung, und der Brennstoff wird unmittelbar vor der Zündung eingespritzt. Auf jeden Fall sind die Abgase des Dieselmotors beinahe frei von Kohlenwasserstoffen und CO, also von jenen zwei Auspuff-Bestandteilen, die in Kalifornien als verunreinigend erklärt wurden. Dementsprechend gilt der Dieselmotor als harmlos und erfordert in Kalifornien keine auspuffgasreinigenden Geräte. Diese Regelung hat allerdings auch ihren Grund in dem Umstand, dass es in den USA nur verhältnismässig wenig Fahrzeuge mit Dieselmotoren gibt – 1 auf 300 Benzinfahrzeuge –, so dass ihr Beitrag zur Luftverunreinigung absolut genommen klein ist. Während der Dieselmotor in Europa in den schweren Motorwagen, in Schleppern, in landwirtschaftlichen und Bau-Maschinen vorwiegend als Antrieb dient und teils auch in Personenwagen zu finden ist, beginnt im Verkehr der USA erst in neuerer Zeit der Dieselmotor einzudringen. Bei den schweizerischen PTT-Betrieben sind 72 Diesel- auf 300 Benzinmotorfahrzeuge im Einsatz.

Der bekannte Dieselauch, so auffallend er auf den Strassen ist, besteht meistens aus festen Kohlenstoffteilchen. Seine Wirkung ist mehr lästig und unangenehm als gesundheitsschädlich. Darum und wegen der Verkehrsgefährdung, hervorgerufen durch Sichtbehinderung, verbietet das schweizerische Strassenverkehrsgesetz das Fahren mit rauchendem Dieselfahrzeug.

La loi californienne, entrée en vigueur en 1966, tolère comme émissions d'échappement admises 1,5% pour le CO et 275 ppm pour l'hydrocarbure. Il s'agit de valeurs moyennes qui doivent être atteintes lors d'un programme de courses déterminé au banc d'essai. Il est prévu d'émettre au 1<sup>er</sup> janvier 1970 des prescriptions encore plus sévères et d'abaisser les valeurs maximales à 1,0% du volume pour le CO et à 180 ppm pour l'hydrocarbure.

Les moteurs à injection se comportent de façon beaucoup plus favorables sous le rapport des émissions de gaz toxiques, du fait qu'ils fonctionnent avec un excédent d'air. L'essence n'est introduite qu'immédiatement avant l'allumage et est uniformément répartie sur tous les cylindres. De ce fait, les composants de gaz toxiques des moteurs à injection restent au-dessous des concentrations admises en Californie pour les moteurs à essence.

### 3.2 Moteurs diesel

Les moteurs diesels se comportent de façon analogue aux moteurs à essence à injection. Ils travaillent aussi avec un excédent d'air et le carburant est injecté immédiatement avant l'allumage. En tout cas, les gaz d'échappement du moteur diesel ne renferment pas d'hydrocarbures ni d'oxyde de carbone, ces deux composants de l'échappement qui ont été déclarés polluants en Californie. En conséquence, le moteur diesel a été décrété inoffensif et n'exige aucun dispositif de décontamination des gaz d'échappement. Cette réglementation se fonde aussi sur le fait qu'aux Etats-Unis d'Amérique il y a assez peu de véhicules équipés de moteurs diesels – 1 sur 300 véhicules à moteur à essence –, de sorte qu'ils contribuent de façon quasi insignifiante à polluer l'air. Tandis que le moteur diesel sert en Europe principalement à entraîner les poids lourds, les tracteurs, les machines agricoles et de construction, et même partiellement aussi des voitures de tourisme, il ne commence à faire son apparition dans la circulation aux Etats-Unis d'Amérique que depuis peu. L'entreprise des PTT suisses utilise 72 véhicules à moteur diesel sur 300 véhicules à moteur à essence.

La fumée bien connue des diesels, si désagréable sur les routes, se compose généralement de particules de carbone solides. Son effet est plus gênant et désagréable que nuisible à la santé. C'est pourquoi, du fait du danger que le manque de visibilité représente pour le trafic, la loi sur la

Es wäre jedoch ein Irrtum, wollte man dem Dieselqualm im Blick auf Gesundheitsgefährdung keine Beachtung schenken. Seine ätzende Wirkung auf die Augenbindehaut und die Atmungsorgane ist bekannt. Dieselmotoren scheiden auch mehr Schwefeldioxyd aus als Benzinmotoren; sofern aber der Schwefelgehalt des Brennstoffes unter 1% liegt, was normalerweise zutrifft, ist die atmosphärische Verunreinigung durch Schwefeldioxyd minim (Fig. 4). Es trägt aber gleichwohl zum unangenehmen Geruch und zur Augenirritation bei. Akut ist die Gefahr der Schwefeldioxyd-Ausscheidungen in den Abgasen der Kohlen- und Ölverbrennungsanlagen (Heizungen).

#### 4. Methoden zur Abgasentgiftung

Der Anstoss zur Konstruktion von Abgasentgiftungsgeräten ging aus den schon erwähnten Gründen vom Staate Kalifornien aus. Die amerikanische Automobilindustrie, vor allem die Firmen *Ford*, *General Motors*, *American Motors* und *Chrysler* unternahmen denn auch grosse Anstrengungen, um funktionstüchtige Geräte zu erschwinglichen Preisen auf den Markt zu bringen. Es haben sich bisher im wesentlichen drei bis vier Lösungen angebahnt, die Aussicht auf Erfolg haben. Bereits werden in den USA an sämtlichen Benzinfahrzeugen serienmässig die giftigen Kurbelgehäusegase abgesaugt und der motorischen Verbrennung zugeführt. Solche Konstruktionsmerkmale werden in zunehmendem Masse auch bei den europäischen Automobilfabriken angewendet.

Es ist nicht Zweck des vorliegenden Aufsatzes, die Funktion der verschiedenen Systeme zur Abgasentgiftung eingehend zu beschreiben. Darum seien die bis heute vorhandenen Lösungen nur kurz skizziert.

Es gibt grundsätzlich zwei Möglichkeiten, um den Ausstoss von unverbrannten Gasen zu senken: Es sind dies Verfahren, die

1. die Gemischzusammensetzung vor der Verbrennung beeinflussen;
2. eine Nachbehandlung des Abgases bewirken.

Aus der Gruppe 1 ist eine von der Firma Chrysler für ihre Fahrzeuge entwickelte Zusatzeinrichtung als funktionstüchtiges Gerät bekannt und von den kalifornischen Behörden zum Einbau freigegeben worden.

Auch in der Schweiz wurden ähnliche Geräte entwickelt, und die PTT haben versuchsweise ein Fahrzeug damit ausgerüstet. Gegenüber der Chrysler-Anlage zeichnet sich die schweizerische Entwicklung durch grosse Vereinfachung aus. Es erscheint aber mehr als fraglich, ob allein mit der Zuführung von Sekundärluft und einer zusätzlichen Verwirbelung des Benzinluftgemisches die geforderte Gift-

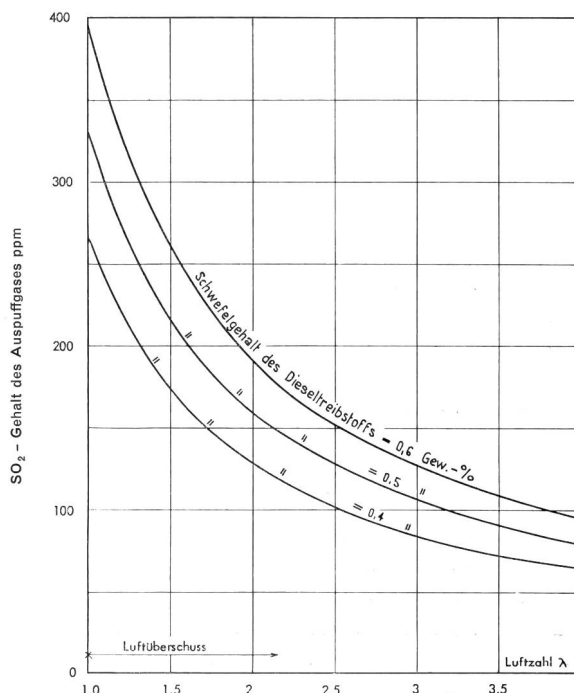


Fig. 4 Beziehung zwischen Schwefelgehalt des Dieseltreibstoffs, der Luftzahl  $\lambda$  des Ladegemisches und dem (maximalen) Gehalt des (wasserfreien) Auspuffgases an SO<sub>2</sub> in ppm (= cm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>)

Rapports entre la teneur en soufre du carburant diesel, le chiffre d'air  $\lambda$  du mélange de charge et la teneur (maximale) des gaz d'échappement (ne contenant pas d'eau) en SO<sub>2</sub> en ppm (= cm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>) (nach/selon Prof. Dr. M. Brunner, Zeitschrift für Präventivmedizin, 2/1962)

circulation routière suisse interdit la mise en circulation de véhicules diesels provoquant de la fumée.

Ce serait toutefois une erreur de ne pas vouloir se soucier de la fumée des diesels en ce qui concerne le danger qu'elle représente pour la santé. Son action caustique sur la conjonctive et les organes respiratoires est bien connue. Les moteurs diesels éliminent plus de dioxyde de soufre que les moteurs à essence; mais, tant que la teneur en soufre du carburant est inférieure à 1%, ce qui est normalement le cas, la pollution de l'atmosphère par le dioxyde de soufre est minimale (fig. 4). Il s'ensuit toutefois une odeur désagréable et une irritation des yeux. Actuellement le danger du dioxyde de soufre dans les gaz d'échappement des installations de chauffage au charbon et à mazout est à l'ordre du jour.

#### 4. Méthodes destinées à supprimer la toxicité des gaz d'échappement

Les motifs précités de l'Etat de Californie ont lancé la construction de dispositifs de décontamination des gaz d'échappement. L'industrie automobile américaine, avant

gasreduktion bei den verschiedenen Fahrzuständen erreicht werden kann. Parallel dazu sind das Verhalten des Versuchsfahrzeuges in bezug auf Leistungseinbuße und Überhitzungserscheinungen, der Kaltstart und das Wiederanspringen des heißen Motors abzuklären.

Ein anderes Verfahren sucht auf dem Wege der Beimischung von Wasser zum Benzin das Problem der Abgasentgiftung zu lösen. Die vorgeschlagene Wasserbeimischungsanlage steht jedoch am Anfang ihrer Entwicklung und ist noch nicht einbaureif. Versuchsergebnisse der EMPA\* müssen als negativ beurteilt werden. Wohl konnte der CO-Gehalt der Auspuffgase wesentlich reduziert werden, jedoch auf Kosten eines nicht vertretbaren Leistungsabfalles. Nach Auffassung der EMPA könnten durch eine ärmere Vergasereinstellung ähnliche Resultate wie mit der geprüften Wasserbeimischungsanlage erzielt werden. Die Problematik der Wasserbeimischung zum Brennstoff ist schon längere Zeit bekannt, und die Aussichten sind gering, dass diese Methode beim Kampfe um die Reinhaltung der Luft zum Erfolg führt.

Von den Geräten, die nach dem Verfahren der Gruppe 2 arbeiten, liegen bis jetzt wesentlich mehr Versuchsergebnisse und Erfahrungen vor. Vor allem in den

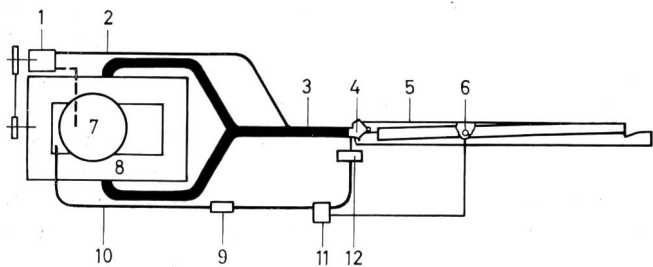


Fig. 5  
 Schema der katalytischen Entgiftungsanlage. Nach Vereinigung der beiden Auspuffrohre werden die Abgase der als Katalysator bezeichneten Entgiftungsanlage zugeführt. Den Auspuffgasen wird Frischluft zugeführt, und ein thermostatisch gesteuertes Zweiwegventil steuert den Gasfluss entweder durch den Katalysator oder bei Überhitzung daran vorbei. 1 = Zusatzluftpumpe, 2 = Sekundärluft, 3 = wärmeisolierte Auspuffleitung, 4 = Zweiwegventil, 5 = Katalysator, 6 = Thermoschalter, 7 = Luftfilter, 8 = V8-Motor, 9 = Steuerventil, 10 = Vakuumleitung, 11 = Magnetschalter, 12 = Membran zu Zweiwegventil  
 Schéma de l'installation de désintoxication catalytique. Après réunion des deux tuyaux d'échappement, les gaz d'échappement sont amenés à l'installation de désintoxication désignée comme catalyseur. L'air frais est ajouté aux gaz d'échappement et une soupape à deux orifices à commande thermostatique commande l'écoulement des gaz soit par le catalyseur soit par suréchauffement. 1 = pompe à air supplémentaire, 2 = air secondaire, 3 = conduite d'échappement isolée contre la chaleur, 4 = soupape à deux orifices, 5 = catalyseur, 6 = coupe-circuit thermique, 7 = filtre d'air, 8 = moteur à cylindres en V, 9 = soupape de commande, 10 = conduite sous vide poussé, 11 = relais magnétique, 12 = membrane de la soupape à deux orifices (nach/selön «Automobil Revue», Bern)

\* EMPA = Eidgenössische Materialprüfungsanstalt.

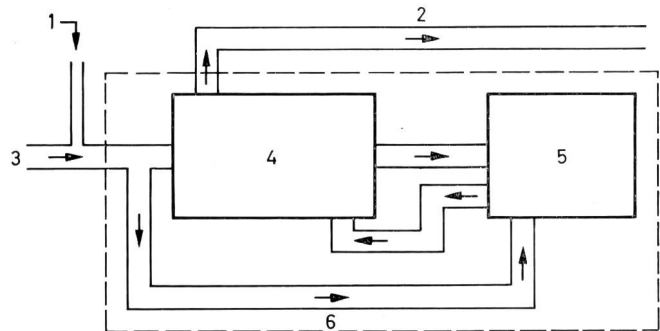


Fig. 6  
 Schematische Darstellung der Nachverbrennungsanlage. 1 = Luftzufuhr, 2 = zum Auspuffrohr, 3 = Auspuffgase vom Motor, 4 = Wärmeaustauscher, 5 = Nachverbrenner, 6 = Umwegleitung  
 Schéma de l'installation de postcombustion. 1 = amenée de l'air, 2 = vers le tuyau d'échappement, 3 = gaz d'échappement du moteur, 4 = échangeur de chaleur, 5 = dispositif de postcombustion, 6 = conduite de débordement  
 (nach/selön «Automobil Revue», Bern)

tout les usines *Ford, General Motors, American Motors et Chrysler* ont fait des efforts considérables pour lancer sur le marché des dispositifs fonctionnant correctement à des prix abordables. Jusqu'ici, ce sont essentiellement trois ou quatre solutions qui sont en passe d'atteindre le succès. Aux Etats-Unis d'Amérique, les gaz toxiques du carter (blow-by) de tous les véhicules à moteur à essence fabriqués en série sont déjà aspirés et amenés à la combustion du moteur. Pareilles caractéristiques de construction sont appliquées dans une mesure croissante aussi dans les fabriques européennes d'automobiles.

Le présent article n'a pas pour but de décrire dans le détail le fonctionnement des différents systèmes de décontamination des gaz d'échappement. C'est pourquoi les solutions réalisées jusqu'ici ne seront que succinctement décrites.

Il existe en principe deux possibilités de réduire l'éjection de gaz non brûlés: ce sont des procédés qui

1. influencent la composition du mélange avant la combustion;
2. opèrent un traitement complémentaire du gaz d'échappement.

Dans le *groupe 1*, on trouve un dispositif accessoire mis au point par Chrysler pour ses véhicules. Il est reconnu comme appareil approprié et les autorités californiennes ont autorisé son montage sur les véhicules.

Des appareils de ce genre ont aussi été mis au point en Suisse et les PTT en ont équipé un véhicule à titre d'essai. Par rapport au dispositif Chrysler, le produit suisse se caractérise par une grande simplification. Mais il semble plus que problématique que l'amenée d'air secondaire et un brassage supplémentaire du mélange essence-air puissent seuls réaliser la réduction de gaz toxique exigée aux dif-

USA wurden die Forschungen in dieser Richtung stark vorangetrieben (Fig. 5 und 6). Es sind bereits vier Geräte dieser Art zugelassen worden, allerdings mit der Einschränkung für Motoren mit mehr als 2,3 l Hubraum. Diese Einschränkung wurde aufgestellt, weil mit drei Geräten alle Untersuchungen an Fahrzeugen mit grösserem Hubraum durchgeführt wurden und für die kleineren Fahrzeuge noch keine Erfahrungen vorliegen. Man ersieht daraus, wie ernsthaft die Zulassungsbedingungen in den USA angewendet werden. Das vierte Gerät ist das bisher einzige, das auch für die Wagenklasse unter 2,3 l zugelassen ist.

## 5. PTT-Fahrzeugpark und Abhilfemassnahmen

### 5.1 Benzinmotoren

Als erste positive Massnahme ist eine korrekte *Einstellung des Vergasers* vorzunehmen. Besonders der *Leerlaufregulierung* ist grösste Beachtung zu schenken. Als Hilfsmittel müssten Abgas-Testgeräte verwendet werden. Diese Einstellarbeiten, sorgfältig ausgeführt, ergeben bereits eine wesentliche Verminderung des CO-Gehaltes im Auspuff. Um aber den Vorschriften zu genügen, reicht diese Massnahme allein nicht aus. Der Vollständigkeit der Verbrennung sind Grenzen gesetzt, selbst dann, wenn der Motor mit idealem Gemisch arbeitet. Die verhältnismässig kalten Wände des Verbrennungsraumes unterbinden in ihrer Nähe zumindest teilweise durch Wärmeentzug die vollständige Verbrennung.

Die Möglichkeit, im praktischen Fahrbetrieb durch *angepasste Fahrweise* die Giftgaserzeugung zu reduzieren, wurde schon erwähnt. Stellung des Gaspedals und richtige Wahl der Gänge beeinflussen die Verbrennung in den Zylindern: Möglichst wenig Laufenlassen im Leerlauf; beim Warten Motor abstellen; Anwärmen des Motors bei mittlerer Drehzahl und ausgeschalteter Kaltstartvorrichtung; beim Beschleunigen Gaspedal nicht voll durchdrücken, dafür aber sofort schalten; hohe Drehzahlen bei leichtem Druck auf dem Gaspedal, also beim «Rollen» auf Autobahnen und hindernisfreien Strassen, verringern stark den CO-Ausstoss. Das Gegenteil dazu ist das Fahren mit Vollgas und verhältnismässig kleinen Drehzahlen. Dies ist der Fall, wenn nicht zurückgeschaltet wird. Am wenigsten Giftgas produziert ein Motor, der bei Vollgas mit jener hohen Drehzahl läuft, bei der er seine Höchstleistung abgibt. *Mit Abnahme der Drehzahl steigt die CO-Erzeugung* und wird beim plötzlichen Zurücknehmen des Gaspedals und bei Leerlauf am grössten (Fig. 7).

In Amerika müssen die Kurbelgehäuse der Benzinmotoren sämtlicher Fahrzeuge, auch der Importwagen, in das Ansaugsystem entlüftet werden. Damit wird der Ausstoss der unverbrannten Kohlenwasserstoffe um ungefähr einen

férents états de marche. Parallèlement à cela, il faut déterminer le comportement du véhicule d'essai sous le rapport des pertes de rendement et des phénomènes de surchauffe, le départ à froid et la remise en marche du moteur surchauffé.

Un autre procédé tente de résoudre le problème de la décontamination des gaz d'échappement par l'adjonction d'eau à l'essence. L'installation de mélange d'eau proposée est encore au début de son développement et n'est pas encore en état d'être montée sur les véhicules. Les résultats des essais du Laboratoire fédéral d'essai des matériaux ont dû être qualifiés de négatifs. La teneur en oxyde de carbone des gaz d'échappement a bien pu être réduite de façon importante, mais aux frais d'une diminution de rendement inadmissible. Le Laboratoire fédéral d'essai des matériaux est d'avis qu'un réglage moins précis du carburateur donnerait des résultats analogues à ceux qui ont été obtenus avec l'installation de mélange d'eau essayé. Le problème du mélange de l'eau au carburant est connu depuis longtemps déjà et il y a peu d'espoir que cette méthode utilisée dans la lutte pour le maintien de l'air pur conduise au succès.

Jusqu'ici, on a récolté nettement plus de résultats d'essais et d'expériences des dispositifs qui travaillent selon le procédé du *groupe 2*. Les recherches ont été spécialement poussées dans cette direction aux Etats-Unis d'Amérique. Ce sont déjà quatre dispositifs de ce genre qui ont été admis, sous réserve qu'ils soient utilisés pour des moteurs de plus de 2,3 l de cylindrée (fig. 5 et 6). Cette restriction a été imposée du fait que, pour trois dispositifs, tous les essais ont été faits sur des véhicules de grande cylindrée et qu'aucune expérience n'a été recueillie pour les petits véhicules. On voit par là que les conditions d'admission sont appliquées avec un grand sérieux aux Etats-Unis d'Amérique. Le quatrième dispositif est, jusqu'à présent, le seul qui soit aussi admis pour la classe de voitures de moins de 2,3 l.

## 5. Parc de véhicules PTT et mesures palliatives

### 5.1 Moteurs à essence

Comme première mesure positive, il faut procéder à un *réglage correct du carburateur*. Il faut en particulier vouer la plus grande attention au *réglage de la marche au ralenti*. Des dispositifs de test des gaz d'échappement devraient être employés comme moyens auxiliaires. Ces travaux de réglage, exécutés soigneusement, réduisent déjà de façon sensible la teneur en oxyde de carbone dans les gaz d'échappement. Mais, pour que les prescriptions soient satisfaites, cette mesure ne suffit pas à elle seule. Des limites sont imposées à la combustion complète, même si le moteur travaille avec un mélange idéal. Les parois assez froides de la chambre de combustion interrompent dans leur voisinage, tout au moins partiellement, la combustion complète par élimination de chaleur.



Drittel verringert. Diese Massnahme könnte und sollte an allen PTT-Fahrzeugen mit Benzinmotoren, allenfalls auch Dieselmotoren, getroffen werden, soweit die Vorrichtung nicht schon serienmässig eingebaut ist, oder es sich um Fahrzeuge handelt, deren Ersatz in nächster Zeit vorgesehen ist.

Der Einbau eigentlicher Entgiftungsanlagen, wie Nachbrenner oder katalytischer Umformer (Gruppe 2), drängt sich wenigstens im jetzigen Augenblick für PTT-Fahrzeuge noch nicht auf. Wir verwenden in unseren Betrieben fast ausschliesslich Benzinfahrzeuge mit Motoren unter 2,3 l Hubvolumen, also Motortypen, die wegen ihrer ausgelasteten Motorleistung anteil- und mengenmässig wenig Giftgas an die Aussenluft abgeben. Durch sorgfältige Kontrolle der Gemischaufbereitung, sei es durch Modifikationen am Motor oder durch Einbau von Zusatzgeräten, sollte das angestrebte Ziel erreicht werden können.

Schwieriger wird es sein, bei den in Ablieferung begriffenen, neuen 60 Mowag-Einsatzfourgons eine zufriedenstellende Lösung zu erreichen. Diese Fahrzeuge sind mit einem Chrysler 8-Zylinder-Benzinmotor von 5,9 l Hubraum

La possibilité de réduire la production de gaz toxiques par une *façon de conduire appropriée* dans le service de conduite pratique a déjà été mentionnée. La position de la pédale des gaz et le choix correct des vitesses influencent la combustion dans les cylindres: laisser tourner le moins possible le moteur au ralenti; arrêter le moteur lorsqu'il faut attendre; chauffer le moteur sous un nombre de tours moyen et avec le dispositif de démarrage à froid déconnecté; lors de l'accélération, ne pas presser à fond sur la pédale des gaz, mais en revanche changer de vitesse; un nombre de tours élevé avec une légère pression sur la pédale des gaz, soit lorsque le véhicule roule sur des autoroutes et sur des routes ne présentant pas d'obstacles, diminue grandement le dégagement d'oxyde de carbone. Le contraire consiste à rouler à plein gaz avec des nombres de tours assez faibles. C'est le cas lorsque le changement de vitesse n'a pas été fait. Un moteur produit le moins de gaz toxiques lorsqu'il tourne à plein gaz avec le nombre de tours élevé pour lequel il fournit sa puissance maximale. *Lorsque le nombre de tours diminue, la production d'oxyde de carbone augmente* et elle est la plus grande lorsque la pédale des gaz est relâchée subitement et que le moteur tourne à vide (fig. 7).

En Amérique, les carters des moteurs à essence de tous les véhicules, y compris des véhicules importés, doivent être ventilés dans le système d'admission. De ce fait, l'échappement des hydrocarbures non consommés est réduit d'environ un tiers. Cette mesure pourrait et devrait être prise sur tous les véhicules PTT équipés de moteurs à essence, le cas échéant aussi de moteurs diesels, en tant que le dispositif n'est pas déjà monté en série ou qu'il s'agit de véhicules dont le remplacement est prévu prochainement.

Le montage d'installations de décontamination proprement dites, telles que dispositifs de postcombustion et convertisseurs catalytiques (groupe 2), ne s'impose pas encore, tout au moins à l'heure actuelle, pour les véhicules PTT. Nous employons dans nos services presque exclusivement des véhicules avec moteurs à essence de moins de 2,3 l de cylindrée, soit des types de moteurs qui, du fait de leur puissance non complètement utilisée, dégagent proportionnellement et quantitativement peu de gaz toxiques dans l'air libre. Par un contrôle soigneux de la préparation du mélange, que ce soit par des modifications du moteur ou par le montage de dispositifs accessoires, le but visé devrait pouvoir être atteint.

Il sera plus difficile de trouver une solution satisfaisante pour les 60 fourgons Mowag dont la livraison est en cours de réalisation. Ces véhicules sont équipés d'un moteur à essence de 8 cylindres Chrysler de 5,9 l de cylindrée et sont, par conséquent, spécialement sujets à produire des gaz toxiques. Leur service dans les villes et les manœuvres fréquentes dans les cours, les halles et sur les rampes de chargement sont des motifs suffisants pour que des mesu-

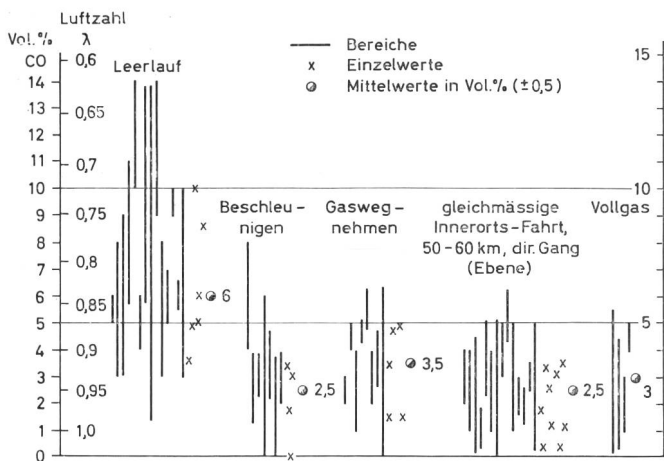


Fig. 7 Kohlenmonoxydgehalt der Auspuffgase von 4-t-Benzinmotoren bei verschiedenen Betriebszuständen  
Teneur en monoxyde de carbone des gaz d'échappement de moteurs à essence à quatre temps dans différents états de marche

Luftzahl – chiffre de l'air  
Leerlauf – marche au ralenti  
Bereiche – zones  
Einzelwerte – valeurs isolées  
Mittelwerte in Vol. % – valeur moyennes en vol. %  
Beschleunigen – accélération  
Gaswegnehmen – suppression des gaz  
gleichmässige Innerortsfahrt, 50 bis 60 km/h, dir. Gang (Ebene) – course régulière à l'intérieur des localités, 50 à 60 km/h, vitesse directe (surface plane)  
Vollgas – pleins gaz (nach/selon Prof. Dr. M. Brunner, Zeitschrift für Präventivmedizin, 2/1962)



ausgerüstet und daher besonders giftgasanfällig. Ihr Betrieb in Städten und das öftere Manövrieren in Vorräumen, Hallen und an Laderampen trägt ein mehreres dazu bei, dass an diesen Fahrzeugen Massnahmen zur Abgasentgiftung getroffen werden müssen. Die schon genannten Vorkehrungen allein genügen hier jedoch nicht, um die geforderte Abgasreinheit zu erreichen. Vielleicht lässt sich das von Chrysler für ihre Motoren vorgeschlagene Verfahren «Cleaner Air Package» verwirklichen. Jedenfalls drängt sich gerade für diesen Fahrzeugtyp eine Lösung auf.

### 5.2 Dieselmotoren

Wesentlich einfacher und unproblematischer als beim Benzinmotor lässt sich beim Dieselmotor die erforderliche Auspuffgasreinheit verwirklichen. Die Emissionen von giftigem Kohlenoxyd und unverbrannten Kohlenwasserstoffen bleiben unter den für Benzinmotoren zugelassenen Konzentrationen. Das schweizerische Strassenverkehrsgesetz verbietet das Fahren mit rauchendem Auspuff. Die Anstrengungen gehen bis heute denn auch dahin, die Entstehung des Dieselrauches zu verhindern. Diese Aufgabe wird durch die konstruktiven Merkmale des Dieselmotors erleichtert. Ein gut konstruierter Motor, gut instand gehalten und mit dem richtigen Brennstoff betrieben, entwickelt keinen störenden Rauch. Es ist jedoch bekannt, dass bei Überlastung jeder Dieselmotor raucht. Dies kann durch entsprechende Einstellung der Einspritzanlage verhindert werden. Überladung ist tatsächlich der häufigste Grund des Rauchens von Dieselmotoren. Mit einem uns empfohlenen Inhibitor als Beigabe zum Dieseltreibstoff führten wir Versuche auf breiterer Basis durch. Diese Untersuchungen ergaben wohl günstige Resultate in bezug auf eine Verhinderung des Dieselrauches, führten jedoch zu unerwünschten Russablagerungen an den Einspritzdüsen und an den dieselölbetriebenen Fahrzeugheizungen. Ob andere, seither auf dem Markt erschienene Inhibitoren solche untragbare Nebenerscheinungen nicht aufweisen, muss durch weitere Prüfungen abgeklärt werden.

## 6. Schlussbemerkungen

Die PTT sind durch die günstige Konstellation ihres Motorfahrzeugparkes,  $\frac{1}{4}$  Diesel- und  $\frac{3}{4}$  Benzinfahrzeuge mit kleineren Hubvolumen, in der glücklichen Lage, das Problem der Abgasentgiftung an ihren Fahrzeugen weitgehend lösen zu können. Für die PTT-Benzinfahrzeuge ist die Abgasreinigung allerdings auch besonders akut, da diese vorwiegend im dichten Stadtverkehr und in besonders gefährdeten, mehr oder weniger offenen Räumlichkeiten zirkulieren, was zum Teil auch für Dieselfahrzeuge zutrifft.

Zusammenfassend seien als Abhilfemassnahmen genannt: Instruktion des Werkstätte- und Fahrpersonals,

res soient prises pour la neutralisation des gaz d'échappement sur ces véhicules. Les mesures déjà mentionnées ne suffisent pas à elles seules pour que la pureté exigée des gaz d'échappement soit obtenue. Le procédé «Cleaner Air Package», proposé par Chrysler pour ses véhicules, pourra peut-être se réaliser. En tout cas, une solution s'impose précisément pour ce genre de véhicule.

### 5.2 Moteurs diesels

La pureté des gaz d'échappement requise du moteur diesel s'obtient beaucoup plus simplement et pose moins de problèmes que le moteur à essence. Les émissions d'oxyde de carbone et d'hydrocarbures non brûlés restent inférieures aux concentrations admises pour les moteurs à essence. La loi fédérale sur la circulation routière interdit de circuler avec un véhicule équipé d'un échappement produisant de la fumée. Jusqu'ici, les efforts déployés ont abouti à la suppression de la production de fumée diesel. Cette tâche est aussi facilitée par les caractéristiques de construction du moteur diesel. Un moteur bien construit, parfaitement entretenu et exploité avec le carburant adéquat ne dégage aucune fumée gênante. Il est cependant bien connu que, lors de surcharge, chaque moteur diesel fume. Cela peut être évité par un réglage approprié du système d'injection. La surcharge est effectivement le motif le plus fréquent de la fumée de moteurs diesels. A l'aide d'un additif qui nous a été recommandé comme adjonction au carburant diesel, nous avons fait des essais très poussés. Ces examens ont donné des résultats favorables au sujet de la réduction de la fumée diesel, mais ont provoqué des dépôts de calamine sur les buses d'injection et les chauffages à mazout des véhicules. De nouveaux essais doivent déterminer si d'autres inhibiteurs, apparus sur le marché depuis lors, ne présentent pas pareils phénomènes secondaires aussi intolérables.

## 6. Conclusions

L'entreprise des PTT se trouve, par suite de la composition favorable de son parc de véhicules à moteur,  $\frac{1}{4}$  de véhicules à moteur diesel et  $\frac{3}{4}$  à essence de faible cylindrée, dans la situation privilégiée de pouvoir résoudre dans une large mesure le problème de la décontamination des gaz d'échappement de ses véhicules. La purification des gaz d'échappement des véhicules PTT à moteur à essence est urgente, du fait que ces véhicules circulent principalement dans le trafic urbain intense et dans des locaux plus ou moins ouverts spécialement exposés, ce qui concerne en partie aussi les véhicules à moteur diesel.

En résumé, nous pouvons citer comme mesures palliatives: instruction du personnel des ateliers et de conduite des véhicules, ramenée de l'aération du carter dans le système d'aspiration, réglage correct des carburateurs, pres-

Rückführung der Kurbelgehäuseentlüftung in das Ansaugsystem, korrekte Vergasereinstellung, Einstellvorschriften und strenge Überwachung der Dieselmotoren, Einbau von Abgasentgiftungsanlagen an grossvolumigen Benzinmotoren.

Mit Gesetzen und Vorschriften allein wird man der Verunreinigung der Luft nicht abhelfen können. Das gesamte Reinhaltungsproblem muss durch die Zusammenarbeit von Ärzten, Biologen, Behörden, Städte- und Landesplanern sowie Technikern gelöst werden.

Es sind nicht allein die Abgase der Motorfahrzeuge, die die Luft verunreinigen. Die Massierung von Industrieanlagen und Wohnbauten mit ihren Kohlen- und Ölverbrennungsanlagen stellen vor allem durch Schwefeldioxyd-Ausscheidung eine zusätzliche Gefahrenquelle dar.

criptions de réglage et surveillance sévère des moteurs diesels, montage de dispositifs de décontamination des gaz d'échappement sur les moteurs à essence de grande cylindrée.

Les lois et les prescriptions ne peuvent pas remédier seules à la pollution de l'air. Le problème complet du maintien de l'air pur doit être résolu en étroite collaboration entre les médecins, les biologistes, les autorités, les planificateurs urbains et ruraux et les techniciens.

Ce ne sont pas seulement les gaz d'échappement des véhicules à moteur qui polluent l'air. La concentration d'établissements industriels et de constructions résidentielles avec leurs chauffages centraux au charbon ou au mazout constitue une source de dangers complémentaires, surtout du fait du dégagement du dioxyde de soufre.

## Hinweise auf eingegangene Bücher

*Wunderlin W. Modelle und Ersatzschaltungen von Halbleiterdioden.* Basel, Birkhäuser Verlag, 1966. 64 S., 60 Abb. Preis Fr. 9.50.

Diese als Dissertation verfasste Arbeit erschien ursprünglich in *Scientia Electrica* (im gleichen Verlage) und liegt nun als Band 26 der Reihe «Lehr- und Handbücher der Ingenieurwissenschaften» vor. Der Au-

tor hat einerseits bekannte Modelle und Ersatzschaltungen für bei niedrigen Stromdichten betriebene Dioden systematisch zusammengestellt. Andererseits wird durch eine neue Approximation das kontinuierliche Bahnmodell einer Diode durch ein einfaches diskretes Modell mit einem einzigen Ladungsspeicher angenähert.

Dieses neue Modell, mit Linvillschen Symbolen als unsymmetrisches T-Netz-

werk dargestellt, ist insofern universell, als es neben normalen p-n-Dioden auch Dioden mit eingebautem elektrischem Feld beschreibt. Das Studium setzt die Kenntnis der wichtigsten Begriffe der Halbleitertechnik und des p-n-Überganges voraus. Ein Literaturverzeichnis erwähnt 53 Spezialpublikationen; das Sachverzeichnis erleichtert das rasche Auffinden bestimmter Ausdrücke im Text.